

建築設備と人材育成について

その2 人材育成と将来の動向

Building Equipment and Human Resource Cultivation Part 2 Human Resource Cultivation and Future Trend

内海康雄
Yasuo UTSUMI

1. はじめに

その1とその2を合わせた全体としては、建築設備とITのこれまでと将来、そしてそれらを支える人材育成について扱っています。

その1では、都市・建築環境の課題解決に関わる専門知とこれからの建築設備について論じました¹⁾。ここでは、これまでとこれからの人材育成と20~30年くらい先までの将来動向を述べます。人材育成については、建築設備というテーマだけではなく、それを取巻く周辺に話が及びます。

2. これまでとこれからの人材育成

2.1 社会生活に必要なものを作るのも使うのもヒト

2.1.1 なぜ学習するのか

ヒトは一人では生きていけないので協働して生きています。水・空気は地球が作ってくれました。朝起きてから仕事・学業を終えて眠るまで、衣食住に関わる身の回りのものは、ほぼすべて誰かが作ってくれたものです。自身を取巻く人々とうまくやっていくためには、言葉、信頼、貨幣など、仲間や社会にある共通のルールを学ばねばなりません。SDGs的には、空間的にも時間的にも一人では持続可能にならないので、協働しながら誰一人として取り残さないこととなります。

学習の際には、読んで聞いて書いて話せば何でも分かるとは行かないので、自身で考えることが必要です。ヒトは考える際には2通りの順番があるそうです²⁾。

直観・感情 → 理性

どちらも長所と短所があり限界があります。直観・感情だけで判断する方は少ないと思いますが、感性と同じように知性と理性にも限界があります^{3,4,5)}。どれかに頼るといよりは、使う場面を選んだり、バランスをどのように取っていくかが工夫のしどころです。

怒りがこみあげてきたら6秒待つアンガー・マネジメントとか、過去の経験を思い起こすとか、様々な知恵・経験をこれまでにヒトは蓄えてきました。ほかのヒトに相談したり、過去の事例を学ぶと、一人で考えるより効率的なことは経験的に知っていますので、学習することになります。

2.1.2 建築設備について考慮すべき前提

建築設備を考える上で、予め与えられる条件として以下があります。

1) 一個人が繋がる社会のシステムの数は有限です

ヒトを取り巻く環境全体については、SDGsのウェディング・ケーキによれば、下から生物圏、社会圏、経済圏の3層に積み上げることができます。どの圏も十分に複雑ですが、ヒトの暮らしを成り立たせる社会は多種多様なサブシステムからなります。一人一人が暮らすにあたっては、限られた数のシステムにつながるの、全体の仕組みが見えにくく、どこまで知って、どこまで考慮に入れれば良いのか決めるのは難しい。

2) 自然・都市・建築の環境が無いとヒトの生活は成り立ちません

自然環境については環境基本法ほかの法律で社会が対応していますが、自然を資本として利用する際には、社会的共通資本として尊重する方法があります⁶⁾。

3) 建築設備はヒトなしには成り立ちません

作るのはヒトで、使うのもヒトです。作る側からですと、大災害や国家間の争いが起きると、世界中が繋がるサプライチェーンへの悪影響が広がります。新たにどこかで起きない保証はありません。日本だけで自律するのはできないので、例えば半導体の調達については、原材料の確保と共に、国内での安

¹ 舞鶴工業高等専門学校 校長

定供給と多品種少量生産への対応が必要と思います。

使う側については、社会生活の加速化がどんどん進んでいます。例えば、ビデオを倍速で見る若者が増えています。情報入力の上を上げて行っている。一方で、スローライフという選択があります。例えば、スローフードでは、食事をゆっくりと作り、味わいながら時を過ごそうとする。どれも選択肢としてあり得るので、建築設備はそれを支えます。

4) デジタル弱者に対応しなければならない

デジタル機器の操作に慣れない、あるいは新製品ごとに変わり続ける操作画面に対応できない人々があります。このようなデジタル弱者への対応は、より優れたユーザ・インターフェースが解決すると期待されています。人口が少なくなる日本では深刻な問題となります。

これまでの科学・技術の発展はヒトの脳の可塑性に頼っていた面があります。学校に行けば、ピタゴラスの定理などの2500年前の数学から最先端のAIのアルゴリズムまでを、ある程度理解できます。しかし、すべての人がすべてを理解できるわけではありません。産業革命前後からの知識量の増加を見ると、ヒト同士の知識量の差は大きくなるばかりのように思います。知るヒトが知らないヒトを支援する仕組みが無いと、社会が成り立たなくなるかもしれません。

使う側と作る側の顔が互い見えなくなってから久しいですが、東日本大震災のような大災害の現場では、上記の課題が突然に当事者の目前に現れます。誰に話を持って行けばよいのか分からなくなります。

2.2 人材育成の考え方

2.2.1 これまでの問題解決の能力修得の枠組み

ここでは課題解決能力を修得するための教育の枠組みについて、これまでとこれからを考えます。

高度成長期と言われる時代がありました。朝鮮戦争の特需により経済が堅調になった後の1955年から、1973年の第1次オイルショック発生までの約19年間と言われます。この時代は、ある事業が拡大し続けることが多かった。問題解決の能力修得の枠組みは、あらかじめ想定できる課題に対して必要な知識を修得して、現場に行ったらそれらをカスタマイズして使う。修得した知識を応用して対応するので、年功序列と終身雇用にふさわしいものでした。図1にその概要を示します。なお、これで大学・高専の違いを説明できます。

これは、フォアキャスト型。積上げ型、ボトムアップ型などと呼ばれていて、今でも多くの人は教育と言えばこんな感じを持つと思います。小中学校、高校、高専1~3年の知識を前提として、その上に積み上げて行く形と整合しています。

ルーチン的な業務が多くを占める際、そして業務の制約条件が明確であり、細かな改善を積み重ねて行ける場合に有効でした。習ったこと的应用で課題を解決することができるので、どんな課題もOKのはずです。

また、教育を通じて、言語、社会習慣などが深く浸み込むので、多くの人々のその後の生き方に一様に影響を与えます。集合知として働く際の基盤となります。集団の中の誰かの能力が発揮されて課題に対応するので、集団としては能力が強化・加速されることとなります。

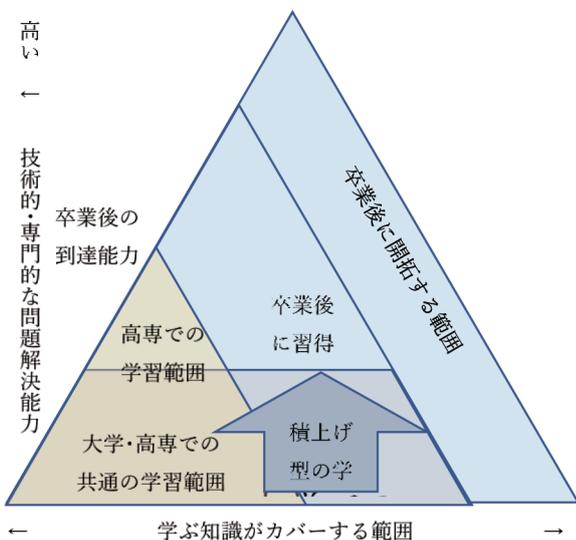


図1 これまでの問題解決の能力修得の枠組み

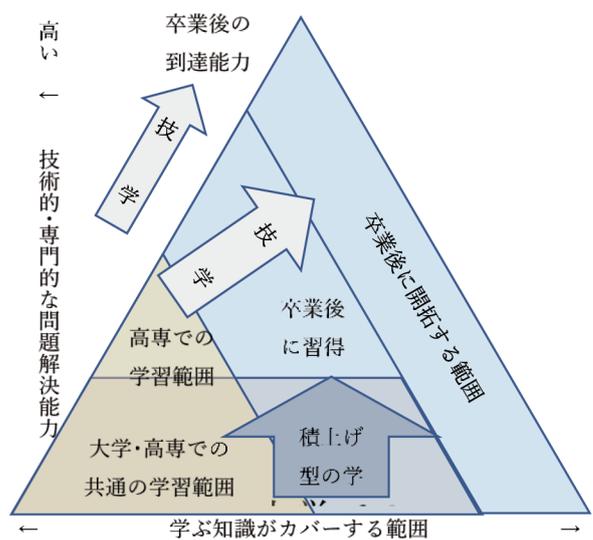


図2 現在の問題解決の能力修得の枠組み

古くは、奈良・平安・鎌倉時代の仏教の展開と学習が典型例と思います。当初は異国の教えであり、大化の改新を経て日本として仏教を取り入れることになりました。開始時点では、推進する人々は国家鎮護と衆生済度を目指した。自らの苦しみをなくして、人々の苦しみをなくすために、日本人はもとより、遠く中国から来た鑑真など多くの人々が力を尽くした。

世界全体を説明できるような当時の知識は、玄奘三蔵ほかによりインドからもたらされた大蔵経の世界と僧侶が学んだ知識の中にありました。鑑真は薬の専門家でしたし、空海は満濃池を造成したエンジニアでもありました。経典によっては、普段の生活の仕方が延々と説明されています。膨大ですが閉じられた知識・経験を基にして、新たな解決法を導く営みが行われました。最澄が整えた比叡山の教育システムにより、親鸞、日蓮ほかの多くの仏教の考え方が生み出され、日本を変えて行った。ニュートンが述べたとされている過去の知識の蓄積という「巨人の肩」に乗って、自身の仕事が生み出されたのと同様です。

なお、これらは本質的な人の考え方を扱っているもので、現在でも耳を傾けるべき大切な知恵を持っています。例えば、日蓮のお遺文の実社会における知恵、唯識論⁷⁾における深層心理の説明です。

2.2.2 現在の枠組み

ここ 10 年位で、将来の目標をまず掲げて、その課題解決に必要な要素を新たに作り出したり、既存の要素を組み合わせるといった考え方がより普通になりました。バックキャスト、目標達成型などと呼ばれています。図 2 には、現状で有効と考えられる課題解決の方法である技学¹⁾を加えてあり、技学により卒業生の能力が上がることを示します。

既存の知識ではうまく行く目途が立たなければ、この方法にたどり着きます。誰でも終に「これは自分でやるしかない」となればバックキャストをしていたと思いますが、明示されることはなかったかも知れません。

まったく知識が無ければ、例えば言葉を知らなければできませんが、いくらかの基礎知識があれば課題に取り組んで解決した方が多くいたでしょう。

例えば、国際的に評価の高い大学はこの方法を採用しています⁸⁾。ある課題解決のための目標を掲げて、それに必要と思われる知識を持つスタッフを分野・経験にこだわらず集めます。参加するメンバーも多様ですので、チームとしてマネジメントが行われます⁹⁾。

とても強力な課題解決方法ですが悲惨な例があります。国同士の戦争のような深刻な状況の中で、原子力兵器に 2.4 兆円が費やされ、1945 年に日本で使用されました¹⁰⁾。

なお、活動の方針や内容ではなく、それを支える教育制度の上からは、2011 年時点の世界のすべての教育機関を分類整理した UNESCO の ISCED2011¹¹⁾ に、それぞれの特徴が記されています。教育機関で習得する知識、修得のための教育システムなどが、教育機関の外側から、どのように評価されるのか分かります。

2.2.3 これからの枠組み

近い将来の現実的な枠組みは、前出の 2 つの枠組みの組合せと考えられます。バックキャストの矢印を加えた図 3 を示します。既知の知識に、課題側から要求されたり、必要となる未知の知識を組合せて、現実的にバランスを取っていくことになります。そうすると、課題の発見力が必要となります。何が問題となっていて、解決には何が必要かを見つけて、それをほかの人に説明できることが必須です。

問題とは現状とあるべき姿の差ですので、その気になれば課題は周りに沢山あります。「答えは問いの中にある」と言われますが、問題は知っているけれど、それを要素分けして構造化して説明できないと、何となく困っているだけで記述と説明ができません。

問題発見の手順は次のように考えられます。

問題状況の把握	困っていることがあるようだ
→問題状況の表現	こんな状況になっている
→問題状況の分析	誰が、どこで、なぜなどの状況を要素に分けて明示する
→モデル化	本質的な部分で全体をモデル化する
→問題の構成	どこが問題なのか、状況はどうかを説明する

これを 1 人あるいはグループで成し遂げるのに必要な能力としては次が挙げられます。

- 1) 想像力、観察力、ニーズ理解力
- 2) 理解力、論理展開力 (構造化スキル)
- 3) プレゼンテーションスキル
- 4) ヒアリングスキル (コミュニケーションスキル)
- 5) 柔軟な発想力 (解決案の発想)

上記を実行するにあたっては、思考・企画・連想・疑問・洞察・実行する能力、豊富な知識に基づい

て「多くの答え」を出せること、自分の直感・感情を大切にすること、うまく行っているものから学ぶこと（例. 守・破・離）、失敗を恐れずやってみる（例. やってみなはれ）などありますが、とにかく沢山のことを試行錯誤せねばなりません。

課題解決に話を戻しますと、これをすればよいという汎用的な方法は現れていませんし、課題は多様化しているので、教育メニューも増えて行きます。米国の大学で長期休暇中に extension などと呼ばれる時代の先端的なテーマを含めた講習会がありますが、それらを個別に単位化して、まとめて行く動きがあります。講習会の修了証的なものとしてオープンバッジ、まとめて単位化したものはマイクロ・クレディンシャルと呼ばれます¹²⁾。

世界の変化がより早くなる中で大学が対応していて、アメリカとオーストラリアでは制度として数年前から機能しています。マイクロ・クレディンシャルを重ねて、学位を与える所まで整っています。

日本でも一部の大学で動きが始まりました。高専も企業等との共同研究の中での対応が可能かもしれません。卒業研究、地域課題のテーマを選んで、解決と結びつける汎用的な手法の開発に結びつけるなどです。一例として、長岡高専の JSCOOP (Job Search for local companies based Cooperative education) は、課題抽出力、課題解決力を備えたイノベーション人材を地域産業界と連携して育成する授業があります¹³⁾。これを課題解決法の開発と結びつけることが考えられます。

2.3 グループと組織での課題解決

2.3.1 SECI モデル

個人で解決できない場合は、グループでの解決を行う必要があります。SECI モデルが参考になります¹⁴⁾。図4に再掲します。説明は本報告その1と次節をご覧ください。

このサイクルを実際に回すには、これまでの経験ですが、人数は2~10名程度、定期的な対面の会合による情報共有などが必要でした。高専・大学の卒業研究・専攻研究はこのモデルに相当するものと思います。高専によっては、第4、5学年、専攻科1、2年で4回のサイクルを経験します。それにより、このサイクルの管理ができるようになる学生も現れます。

2.3.2 技学という考え方

ヒトが記号や言語を使い始めてから、記録とコピーができるようになり、ほかのヒトと一緒に考え学習することができるようになりました。課題解決の能力が高まって行くにつれて、今は問題解決のために科学・技術・技能が使われていて、一般に次のように考えている人が多いと思います。

1) 科学は天才から始まり人知へ貢献します

世界規模の共同研究が行われていて、ブラックホールの写真などは記憶に新しい。

例. A. Einstein (1879-1955) は宇宙の構造を説明

2) 技術は科学の応用から始まり社会へ貢献します

技術者集団による様々な製品・サービスの提供が行われています。

例. T. Edison (1847-1931) 試行錯誤と努力が大切

3) 技能は個人から始まり個人に終わることが多くあります

師資相承とか口伝によるため同じものが作れないことがあります。

例. A. Stradivari (1644?-1737) によりバイオリンの名器が作られました

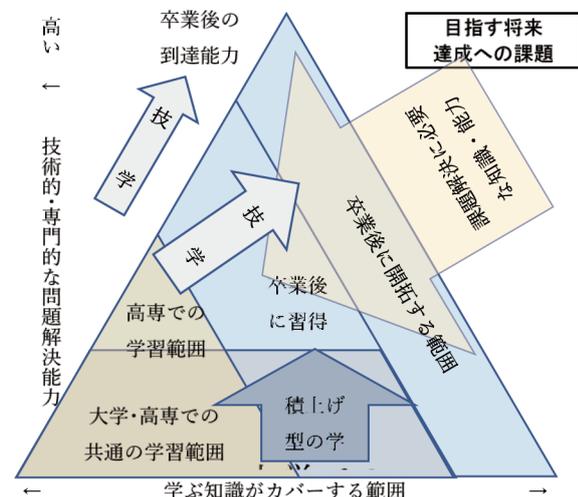


図3 これからの問題解決の能力修得の枠組み

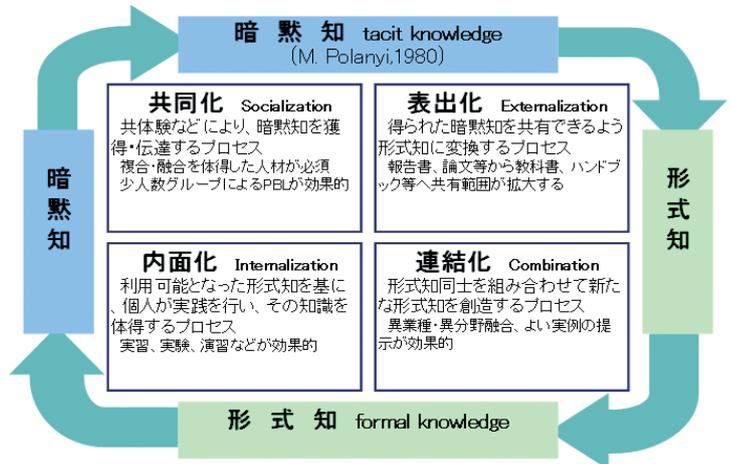


図4 少人数グループの学習における SECI モデル (文献 14 などから作成)

一方で、これらの発達は多大な便益をもたらしましたが、科学技術で解決できないことの存在も分かってきました。主なものとして；

不確定性原理 (W. K. Heisenberg, 1927)

不完全性定理 (K. Gödel, 1931)

不可能性定理 (K. J. Arrow, 1963)

が挙げられます。また、核兵器は科学技術を人類そのものの存続を危うくする存在にしました。

それでも伸展は止まらず新しい考え方が必要になってきて、「技学」の再発見がありました。現実の多様な技術対象を科学の局面からとらえ直し、それによって、技術体系をいっそう発展させるための「技術に関する科学」です¹⁵⁾。

2.3.3 組織の学習

個の力を合わせて伸ばすために組織を構築するとして、組織は学習するのでしょうか。組織学習とは、「経験の関数」として生じる「組織の知の変化」というとらえ方があります。組織学習の循環プロセスを図5に示します。最上部の組織・人・ツールが活動をしながら経験を積んで、それがその知識となるプロセスです。

サブプロセス③記憶の所が、組織としての知の引き出し(トランザクション(あるいはトランザクティブ)・メモリ)となります。「私は何を知っている」から、私は「誰が何を知っているか」を知っているとなります。

ヒトのつながりが重要になりますが、ストラクチャル・ホール理論¹⁶⁾が、不得手あるいは手薄な分野を埋めるのに役立ちます。図6のようにA,B,Cの3者あるいは3部署があるとします。ストラクチャル・ホール(SH: Structural Hole)とはつながりのない位置を言い、AとBの間にSHがあります。各人・各部署から見るとCからは全体が見えて得をしていて、情報をより多く持ち、コントロールも優位性が期待されます。しかしネットワーク全体としてみると抜けている部分があり、弱みになりかねません。

SHを豊富に持つ人や企業の方が、知る知らないに拘わらず情報を多く持つのでイノベーションを起こしやすい。そこで、どのようなプレーヤーとつながるか、SHを維持するかあるか埋めるかを考えねばなりません。組織の中には、企業、組織、部門、地域の境を超える人達がありますが、バウンダリー・スパンナーと呼ばれます。H型人材、II型人材と言われる人が近くなります。

多くの引き出しを持つような人達は、他の分野と弱いつながりで結ばれていて、情報共有が効率的になり世界が狭く感じるそうです。これはスモールワールド現象と呼ばれます。これらのアイデアは、組織対組織の学習にも使えると感じます。

2.4 建築設備を例とした具体的な項目

2.4.1 建築設備の分野

建築設備には、給排水、空気調和、電気、情報などがあり、さらに細かくすると換気、衛生、給湯、照明などに分けられ、近年は情報・通信機器が増加しています。東日本大震災の宮城県仙台市の被害状況を見ると、1978年の宮城県沖地震では少なかった情報電気設備の被害が多くなっています¹⁷⁾。ヒトの社会生活でICTの役割が大きくなっていることを反映しています。

この分野には、主に機械・電気・建築などの理系から人材が集まります。理工系離れが言われて久しいのですが、IT化が進む建築設備の関係者にとっても、SOCIETY5.0を掲げる日本にとっても深刻な問題です。高専・高校入学の15歳時点ではなく、小中学生から理工系の楽しさに触れる機会を持たねばならないと思います。

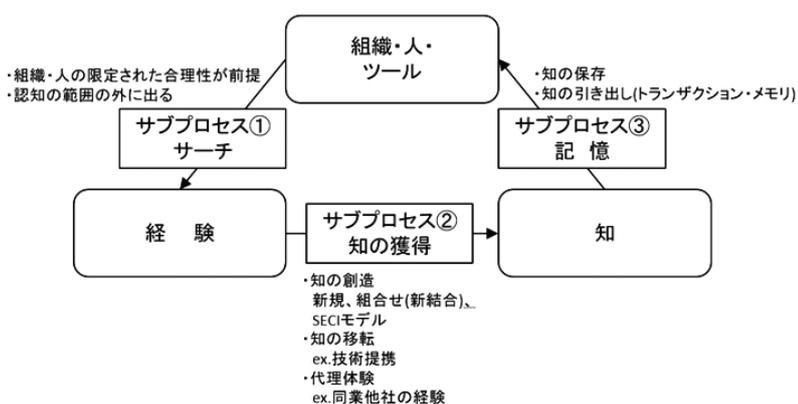


図5 組織学習の循環プロセス
(文献16から作成)

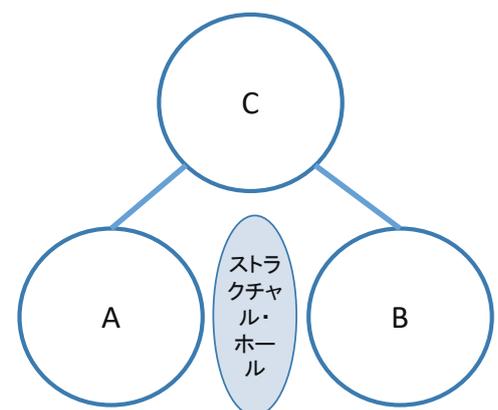


図6 ストラクチャル・ホール理論
(文献16から作成)

2.4.2 IT化とエッジコンピューティング

人口減少が進む日本では建築設備のIT化をより進めることが大切です。仕事の現場の先端（エッジ）でIT化を行う、エッジコンピューティング化が不可欠となると思います。少量多品種のICチップの試作・生産ができるミニマルファブ¹⁸⁾と組み合わせることが、対応する方法の一つだと思います。製作の時間が2～3日間となるので、少量で多様なニーズに対応できます。

熊本にTSMCの工場が建設されるのに伴い、高専が大学と連携して人材育成をにうことになりました^{19,20)}。ミニマルファブを使えば、企画から製造、社会実装まで見通せる人材を輩出できます。

IT人材の育成については、将来を背負う子供たちに向けて、小中高でGIGAスクールが始まりました。情報リテラシーの底上げはSOCIETY5.0の実現に大きく貢献します。また支援・推進のために、産学の有志でNPO AMATERASを設立しました²¹⁾。

3 人材育成における現時点の留意点

3.1 情報化による社会のとらえ方の変化

3.1.1 ヒトが作る社会

共通の社会という考え方が人類共通に意識されたのはそう古くないと思います。例えば、東洋と西洋の分類は広く受け入れられていますが、18世紀に考えられたもので、明確な区別はないようにも見えます²²⁾。国家と民族が明確に意識されたのもそう昔のことではありません。確かに国民という意識はありますが、地域の共同体には町内会や職場の会合などがあるので、より身近に実体のあるものとして感じられます。

一般的なとらえ方としては；

個人 → 家庭 → 地域 → 国家 → 世界

という枠組みが理解しやすいと思います。儒教にある伝統的な考え方にある「修身齐家治国平天下」と言い換えると60代以上の方々には馴染みがあります。すぐれた人格と能力を世界中に明らかにするには、まず国を治めて、自身の家庭を治めて、自身のみを修める。そして逆順にたどっていくと、良い影響が伝わって世界が穏やかになるというものです。

パーソンズの描いた社会像も同様の枠組みでして、社会が持つ構造には予め機能が備わると考えて、構造機能分析をしています。そこで、AGIL理論が次のように提唱されています。

Aは適応 (adaptation)	→経済
Gは目標達成 (goal attainment)	→政治
Iは統合 (integration)	→社会共同体
Lは潜在的パターンの維持・緊張処理 (latent pattern maintenance and tension management)	→家族

社会というシステムは、これらの機能により維持されるというものです²³⁾。

3.1.2 情報のやり取りで成り立つ社会

情報化が進んでいる中、社会の活動を情報のやり取りで表す枠組みがルーマンにより提案されました²⁴⁾。社会の構成要素はコミュニケーション（情報・伝達・理解から成る）です。これらを持続させながら様々なシステムを自己創出 (autopoiesis) して行きます。

表1に幾つかのシステムとやり取りされる情報の例を示します²⁵⁾。社会システムは各システムに必要な情報のやり取りで表せるので、ヒトは主役では無いかのように見えます。

3.1.3 長期的な視点から見た社会の変遷

ビッグバンから始まる歴史と、ヒトが得てきた知識の関係を表す図7を紹介します²⁶⁾。左側中段からビッグバンが始まって、中央に現在の人類の社会があります。上向きのラップのような4つの重なりがあります。下から、物質圏、生命圏、精神圏、文化圏となっていて、下が上を生み出すように見えます。それぞれが関わる科学・知識が右側に表になっています。最上位に科学（論理的アルゴリズム）が置かれています。

3.2 ヴァーチャルとリアルのずれ

3.2.1 対面とリアルの授業

新型コロナウイルスの世界的なまん延により、対面とリアルの授業を組み合わせたハイブリッド授業が普通になりました。実習などのほかはすべてビデオ教材が良いという意見や、どちらか選べるのが良いという意見もあります。ビデオ教材についていえば、TEDが有名です。確かにその内容に感銘を受けたり、出演者に意気投合したりしますが、かなりの知識と経験が無いと十分には理解できないような印象を受けます。

実習や実験は、実際にモノに触って機器を操作して身体知や暗黙知が修得されるという意味で不可欠

です。学習者に浮かぶあらゆる質問には、教職員一人では答えられないので、どこかで人の支援が必要となります。教育の醍醐味でもある対機説法的なやり取りを通じたヒトの成長は、ビデオ教材あるいはAIには期待できるのでしょうか。

今後、コロナ感染症と同様なことがあること考えると、どちらもできて、また双方のバランスを状況に応じて取るべきだと思います。

表1 各機能システムの機能、成果メディア、コード、プログラム (文献25から作成)

	機能	成果メディア: 一般化されたコミュニケーションのためのメディア	コード: 価値の有無を決める	プログラム: 価値を振り分ける
経済システム	希少性の減少	貨幣	所有/非所有 支払い/非支払い	予算、投資プログラム
法システム	規範的な規定の安定化		合法/不法	法規範、判例
科学システム	新しい知識の生産	真理	真/偽	理論、方法
政治システム	集団拘束的な決定の実現	権力	権力をもつ/権力をもたない 与党(政府)/野党	政府・党の綱領
宗教システム	世界の未規定性の翻訳	(信仰)	内在/超越	聖書、教義
教育システム	人の能力の育成		より良い/より劣る	教育、教育・学習プラン
芸術システム	世界の新しい捕らえ方の提供		美/醜 適合/不適合	スタイル 芸術作品
マスメディアシステム	リアリティの形成	(世論)	情報/非情報	ニュース/ルポルタージュ、 娯楽、広告

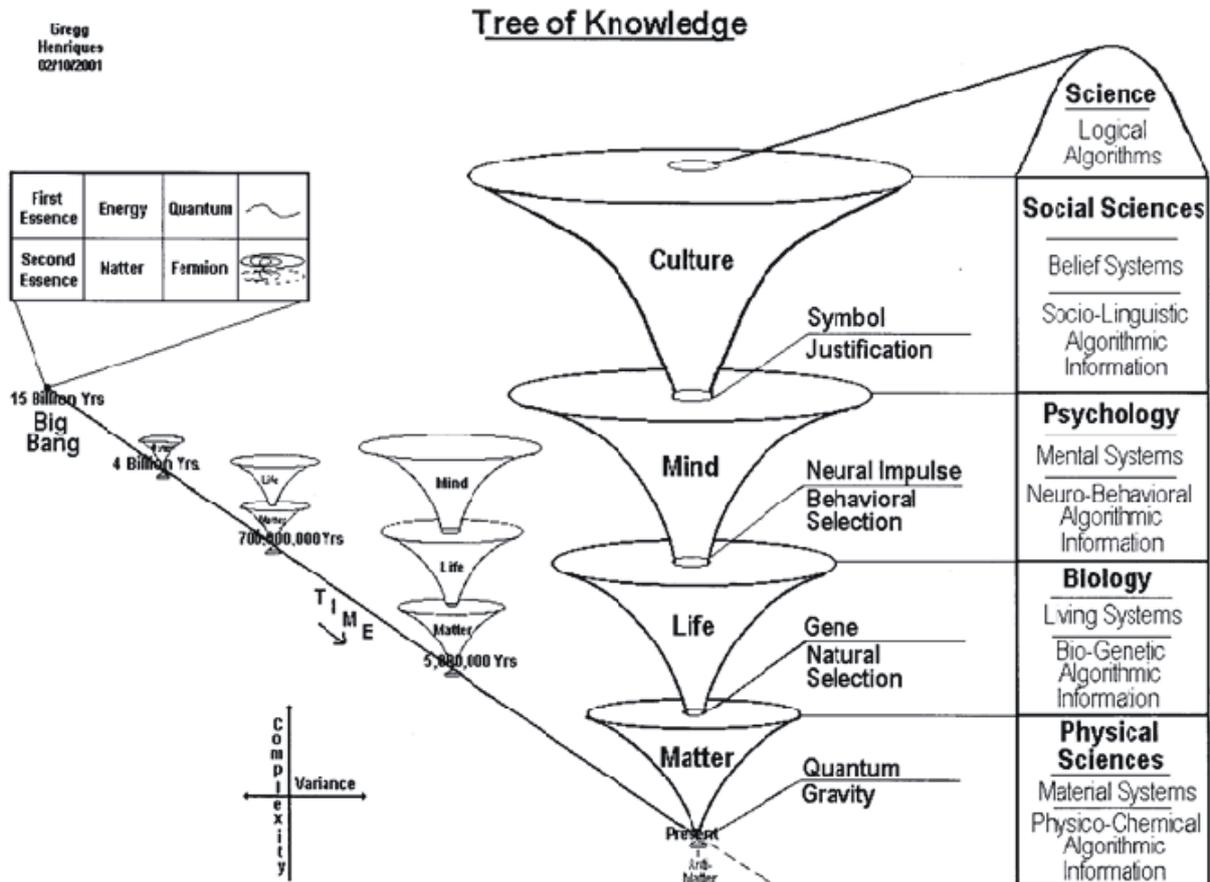


図7 社会と知識全体の関係としての Tree of Knowledge (ToK) System

3.2.2 デジタルツインは成り立つのか

デジタルツインが普及しつつあり、いろいろなところで利用され始めています。VR を使ったゲーム、本人ではなくアバターやアンドロイドが出席する会議があります。ヒトは五感によって、生きて行く上で必要な世界モデルを作り上げていますので、VR のモデルはどこまで現実に使えるかはまだ不明です。ヒトが持つ情報のやり取りをするシステムは、個人の生活や社会活動をモデル化しますが、モデル化の際に取りこぼしがあります。時刻の勘違いなどの記憶、人違いなどの認識の間違ひは誰しも経験しますが、まったく誤りの無い世界は窮屈かもしれません。

ヴァーチャルは今の所、似せて作ったものと分かることが多いのですが、映画マトリックスのような時代が来るのでしょうか。映画中のように本当に区別がつかなくなるとしたら、ツインとは呼ばなくなると思います。中国にある胡蝶の夢、邯鄲の夢という話を思いだすと、自身の周りを今一度見渡す気分になります。

4 われわれの将来はどうなるのか

4.1 考える手がかり

4.1.1 現状の把握

国内外に様々な報告書や現状分析があふれています。例えば文献 27 は定量的に把握できるのでこれからの目標を考えるのに役立ちます。将来どうなるかは皆知りたいと思いますが、未来は分からないといつの時代も言われる。10 年位前から VUCA (Volatility 変動性、Uncertainty 不確実性、Complexity 複雑性、Ambiguity 曖昧性) の時代に入ったと言われる。これではますます分からなくなります。

そこから先の考え方は大きく 2 つに分かれます。世界は過去数世紀の先人の努力により改善されている。よくやってきたので一休みあるいは満足すべきというもの、まだこれだけ課題が残っているのもっと頑張ろうというもの。どちらを選ぶかは我々にかかっていますが、将来の子供たちのためには後者です。

4.1.2 世界の現状と科学技術の将来予測

将来予測について幾つかの文献を紹介します。

1) 2052 今後 40 年のグローバル予測²⁸⁾ :

地球温暖化などに焦点を合わせた広範な内容です。異なる意見も併記されていて、世界中で真剣に考えている人たちがいると実感できます。

2) Global Trends 2030 Alternative Worlds²⁹⁾ :

米国の情報当局がまとめた将来予測と関心事があります。米国の関心事が分かります。

3) 2050 年の世界—英『エコノミスト』誌は予測する³⁰⁾ :

広範な分野についての予測です。

4) 2050 年の技術 英『エコノミスト』誌は予測する³¹⁾ :

技術分野に絞り具体的な記述が多く、皆さんの関連分野の将来を描くのに参考になります。

5) 日経 BP「メガトレンド 2019-2028 全産業編」³²⁾ :

幅広い産業についての近未来の予測です。

6) NATO、Science & Technology Organization: Science & Technology Trends 2020-2040³³⁾ :

特定の新技术に着目するというよりは、現在の AI などの技術の組合せが将来の競争に重要となると述べています。

何を課題にして何を学ぶか考えるヒントになります。皆さんの将来と重ねて読んでもいいですし、お国柄・お人柄で色合いが違うのも興味深い。これまで提唱された予測がその後どうなったかを検証されることも多くないように感じます。上記の予測は、将来に検証可能な点で評価できます。

4.1.3 なぜ予測が難しくなるのか

過去を振り返り、経験や知見をモデル化して将来を予測するのが一般的な手法ですが、考えるべき要素や条件が多くなっている実感はあります。身の回りでも予測についての情報があふれていて、どれを選ぶか迷う場面もあります。

グローバル化が進み、共通の情報プラットフォームが現れると皆が予想していた中で、価値観の多様化が急速に進んで、皆が各々のプラットフォームを作ってしまった。自身のお気に入りの SNS しか見ない人もいます。東西冷戦がベルリンの壁崩壊で終わった時に、心意気(気概)が大切にされる明るい未来が描かれた³³⁾ 一方で、異なる文明社会が争う気がかりな未来が示されました³⁴⁾。

どちらか一つの方向には行かず、事態は複雑さを増しています。社会の中で何が正しいかという正義も多様化して、今は表 2 に示すものがあるそうです³⁵⁾。どの立場を取るかによって個人、組織、国の行動が違ってきますので、世界規模で各地の考え方が違えば、将来の動向は複雑にならざるを得ません。

4.2 原因への対応方法を考える上での留意点

4.2.1 考え方の枠組み

現代では、不確定な未来へ立ち向かう際には科学・技術を使うことを考えるので、当然その影響が大きくなります。医療で難病の人の命を救うなどの明るい未来をもたらす一方で、核兵器を作ってしまった過去があります。科学・技術を考える哲学・倫理が必要でして、ヒトが共有していつも参考にできるようにしておくべきです。

ヒトは種の存続のために利己的な遺伝子によりプログラミングされていて、人類のあらゆる行動はそれに従っているという考え方があります³⁷⁾。確かに利己的な人はいますが、少なからず利他的な人もいます。家族のように小規模な集団は互いに頼りますが、大規模な集団はつながりが希薄になって好き勝手にふるまうということがあります。AIの発展に伴い、社会生活の判断をAIに任せた方が良いという人々がいますが、トロッコ問題などの解決法をほかに任せてよいのでしょうか。

ダイバーシティと言われるように、今は異なる価値観が共存しないと世界が回りません。「あれかこれか」ではなく、「あれもこれも」で考える必要があります。あれかこれかで考えると必ず争いは大きくなります。ヒトは本性として好悪と好き嫌いを持っているので、憎しみと嫌悪は連鎖していき、なくなることはないでしょう。

そこで、倫理が必要となります。幸い応用倫理学という分野があり、考え方の枠組みを提供してくれています³⁸⁾。どこまでが分かっている、どこからが分からないかなどを整理するのに役立ちます。

4.2.2 生命はどのようにして危険を回避しているのか

ダーウィンの進化論とドーキンスの利己的な遺伝子の言うように適者生存と種の存続を原則として、今の人類種は存続していると考えられます。細胞数が一つで、比較的情報量が少ないと考えられている単細胞動物を始めとする生物が、その種の存続をするためにどのような手段を取るのかはとても興味深い。例えば、粘菌の能力の特集などがTVで流れています。

ここでは、文献 39 にある考え方を紹介します。様々な事態に耐えられるように、細胞などの身体の材料を過剰に作って、使わないものは壊す・捨てるという考え方です。再利用できなければ、体内に原料を取り入れて作る。これを「坂道を上る円弧」と表現しています(図8)。生物の進化の過程でエントロピーが減少する仕組みとも理解できます。推測ですが、生命の持つシステムがあまりに複雑になり、統一的に管理できなくなると、ある所から先は管理せずにスクラップ・アンド・ビルドにしているのかも知れません。

近頃のビジネスモデルの考え方として Micro-services⁴⁰⁾ がありますが、これに似ています。オムニ・チャンネルという、機能を限定した数千行のコードで実務に対応して、それを使い方の変化に合わせてどんどん書き換えたり、取り換えて行く。後は振り返らない感じがあります。

表2 正義とは何か (文献 36 を基に作成)

考え方の類型	備考
正義の二原理 自由、格差是正と機会均等	ジョン・ロールズ、1971
リバイアサン「万人は万人に対して戦い」からの脱却	ホブズ 1651
リベラリズム(自由主義) 社会のあらゆる領域における個人の自由な活動	ロック、ルソー、アダム・スミス
コミュニタリアニズム(共同体主義) 共同体(コミュニティ)の価値を重んじる	≠全体主義
フェミニズム 女性の社会・政治・法律上の権利拡張	
コスモポリタニズム(世界市民主義・世界主義) 全世界の人々を自分の同胞ととらえる	
ナショナリズム 国家または民族の統一・独立・発展を推し進める	

4.2.3 ヒトのものの考え方の順序

ヒトが考えるときは前出のように、直観・感情（古い皮質）→理性（新しい皮質）の順に働きますが、比較を表3に示します。目前に危害がある時には直観・感情が働く方が有利に思えます。とにかくすぐに答えを出さねばならないときに時間をかけては手遅れになることがあります。

一方で、後のことまで考えるには理性が有利です。将来の状況を仮定して、どんな方法を選ぶか考えることにより、失敗が少なくなります。ただし、理性を働かすには、事前の学習・訓練や仲間の支援などの環境整備が必要です。

まず直観・感情で判断します。次の理性の発動は遅くなりますが結論は吟味されたものになるので、余裕があるならばゆっくりと考えた方がいいでしょう。

例えば、ビデオを2倍速で見ても、映画が訴えている細部を見逃すおそれがある。本のダイジェスト版や書評だけ読むと、著者の語り方には到達しません。繰り返して論点を広げたり絞ったりする、過去の他の作品の警句を取り入れる、参考文献と注の多寡、結論を直截に語るかあるいは傍証を重ねて読者に考えさせるなど、筆者の思考パターンを基に執筆の動機を考えることができます。これは読書の楽しみの一つです。

4.2.4 課題への動的な対応

ここまでに、課題の発見・解決に必要な要素、ヒトの能力、結果としての項目について主なものをリストアップしてきましたが、総じてその状態を把握するために、課題の構成要素のリストを作るという羅列的、静的な情報でした。その後、構成要素の関係を記述する段階、解決手順を示す段階へと進みます。そこに時間変化を加えて考えれば動的な段階になります。

流れゆく時の中で生活するヒトには手順、時間順の作業などの順序的、動的な情報が必要となります。ある時点からいつまでに、次に何をするのか、何を備えるのかなどを考えることとなります。

前出の建築設備に限らず、ヒトが生きるには何が必要かは、レベル別、危険度別、経過時間順に整理することができます。生命の危険が最も重要でして、NASAによる宇宙人の探索が本格的に始まりましたが、まず危害をもたらすのか、敵か味方か知る必要があります。

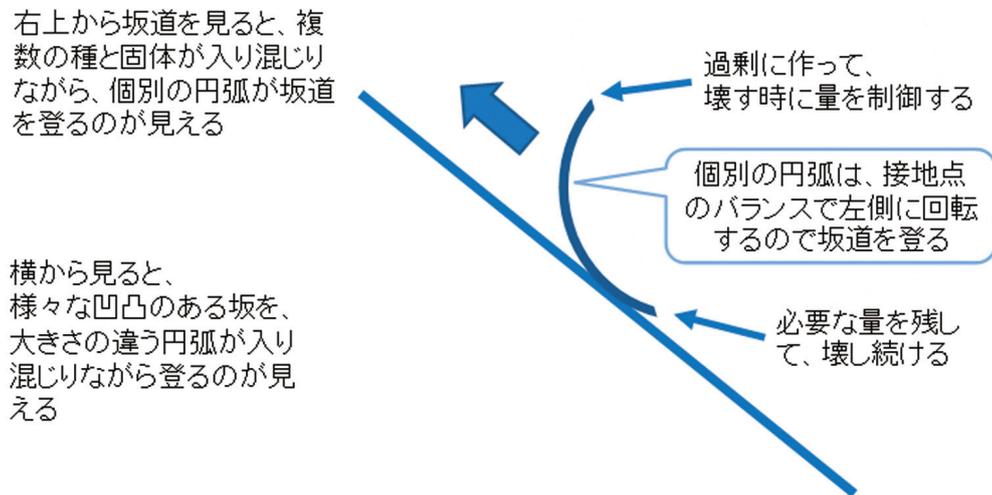


図8 坂道を上る円弧（文献39から作成）

表3 脳の古い皮質と新しい皮質の比較（文献2を基に作成）

直観・感情	理性 (直観・感情ではできないこと)
パターン認識	三つより大きな数の数え上げ
運動追跡	三つ以上の段階がある論法について行くこと
思考察知（読心術）	仮定の状況を考えること
記憶	戦略的思考
連想構築	不確実性の管理
全体的展望	長期計画の実行
	大規模な集合行為問題の解決

一方で、危険と思われる具体的な課題は様々に変わります。ヒトの成長の段階（年齢など）、教育を含めた社会環境の変化、時代による課題の重要度・優先度の変化など沢山あります。

社会課題の解決をしていく中で、個別にうまく行くと、周囲が学習して共通の知識として普及・拡大します。すると標準化の動きが出てきて、規制・規格・基準などができます。数年して状況が変化して、標準的な既存の方法で対処できないと、個別化が始まります。つまり；

個別化（特化）→ 標準化 → 個別化 → 標準化 → ……

という動きを繰り返します。例えば JIS（日本工業規格）と ISO（国際標準規格）の定期見直し期間は 5 年です。

4.2.5 自分と人の課題を解決しようとする営み

SDGs の目標、特に 17（パートナーシップで目標を達成しよう）にあるように、課題を解決するにはその過程を通じて自身と他人が協働して、共に生かし生かされる能力が必要です。ここで初めて出てくる話ではなく、これまでに例が沢山あります。

約 2000 年前に、この世に生きているすべてのものの苦しき・悩みを無くしたいという思いから、当時の知識の集大成であった経文を、インド→中国→日本へと大変な努力でもたらした多くの先達があります。インドから中国へは、安世高（～170?）、龍樹（150～250?）、菩提達磨（～528?）、天台智顛（538～598?）、玄奘三蔵（602～664）ほかが出て、中国から日本へは鑑真（688～723）、空海（774～835）、最澄（766～822）ほかです。

当時の先進的な知識で課題に立ち向かっていく姿は、現代の人々と同じに見えます。むしろ、より多くの努力があったのかも知れません。今我々が昔と同じことをしようと思っても、砂漠を横断するあるいはヒマラヤの厳冬期を当時の装備で超えるのには、たいていの人は躊躇すると思います。

4.3 対応する方法

4.3.1 現実的な方法

前に紹介した技学は、おそらく最も効率的・総合的な課題解決方法と考えられます⁴¹⁾。ヒトは課題解決ツールとして実験・理論・シミュレーションの 3 つを持っています。

- 1) 実験： 解決策の実証に不可欠
ただし、流星などは実験できない
- 2) 理論： ヒトが現象を記号でモデル化する
ただし、解析解が得られるかはモデルによる
- 3) シミュレーション： 理論または実験が不可欠

計算機はヒトの計算能力を拡大した

そして学問・ツール・ヒト・社会が揃わないと現実課題は解決できません。例えば、1 枚の扇が手から落ちる位置とその姿は予測できるかという課題については；

- －科学だけでは多分できない 関連する科学（分野）が多すぎる
- －技術でできるだろうか 許容精度はどこまでにするか
- －技能でできるかも知れない 投扇興という伝統ゲームがある⁴¹⁾

となります。なお、投扇興にはヒトと社会に持続的に実装している道場と段位制度があります。

図 2、3 に技学の位置が記されています。積上げ型に加えて、それらを組み合わせて使うイメージです。将来をになう技術者の素養として、科学・技術・技能を現場で扱い、技学を考えるための基礎・材料・環境を整えることが期待されます。

近年、経済が猛威を振るう中で、グローバル企業が様々な形で提供する AI アルゴリズム、例えば「この商品を買った人はこれを見ています」に判断をゆだねるのは、試行錯誤するよりは良いかも知れませんが、どうでしょうか。今やコンピュータの中のアルゴリズムが人を超える位置を占めるかのようです。

自動運転車が普及し始めて、AI を搭載したロボットが仕事・家事をこなすのもそう遠くではないようです。優れた人の代表としてですが、例えばドライバーであるシューマッハーの運転能力と哲学者カントの判断力を持った車が事故を起こしたら、その責任はどこに行くのでしょうか。基本的な議論はまだ十分とは言えませんが⁴²⁾、法と社会が変わっていきます。

4.3.2 より広い視野での方法

ヒトがこれまでに考えてきたことの全体像はおおよそ図 9 のようになります⁴⁴⁾。右下の仏教の部分の最初については前に述べました（2.2.1 と 4.2.5）。大きな流れとしては、地域に密着・定住して生活すると、人口がさらに増えて時間に余裕のあるヒトが生まれて、宗教、哲学、科学、経済が順に現れてきました。ヒトを超えたものが考えられて、宗教が生まれます。一部が哲学となり世界は何か、我々は何かを考え始めます。そのまた一部が科学となり、一貫性・再現性・反証性という特徴を持ちます。次に社会生活に欠かせない経済がより大きな役割を持つようになりました。

ヒトは分からなくなると、昔からヒトを超えるもの、例えば神に判断をゆだねてきました。ヒトに共通する思いです。いずれにせよ将来を考える手立ては、当面は図中にあります。

ヒトの歴史の全体を捉えようとする考え方は、アルビン・トフラーの第1, 2, 3の波などが知られていて、ビッグストーリーなどと呼ばれます。図10は、ビッグバンから地球消滅までのスパンの中に人を位置付けたもので、無と意識を軸として考えたものです⁴⁵⁾。心のビッグバンと呼ばれるヒトの意識の活性化と拡大は、有と無を分けて考えて、2つのタイプの神話を生み出します。表4に比較を示します⁴⁶⁾。神話や精霊などの超自然的なアイデアは、アニメ、TV、映画で様々なストーリーとして、あるいは多くのキャラクターとして登場します。こうして分類すると分かりやすいと思います。過去の歴史を振り返ると、そうだったのかと納得できる面があります。

現時点では理解できても、当時の人々にとっては耳新しいものだったに違いありません。ICTが多大な影響を持ち始めた現在、これまでになかった未知の将来を考える上で参考にすべきと思います。

4.3.3 原因を掘り下げていくと

生きる上では何らか対処して乗り越えねばならない課題が出てきます。空腹になれば食べ物が必要ですし、寒ければ暖くなる必要がある。一人だけではなく周りも同様であれば、まとめてなんとかせねばならない。時間が過ぎて行けば、「現在の状態」と「こうあってほしい状態」に差が出てきます。様々な内容で解決したい問題が出てきます。

ヒトは誕生してから、動物としての進化の影響を受けて、それを引きずっています。限られた資源と多くの制約のもとで、こうあってほしい、こうなりたいという欲望を持つことになります。この欲望に対してヒトを超えた力に頼った人々、立ち向かった人々、制御しようとした人々、そして消そうとした人々がいました。図9は多かれ少なかれ欲望についての取組みを反映した姿として理解できると思います^{47,48,49)}。欲望から出てくる課題についての取組みと、現状の課題を解決するのと似ていると思います。

生きるためには欲望が必要で、必ず課題は出てきてしまう。課題を解決するために、個人の意識（自覚）が無いと、一貫した個人としての行動ができず、他のヒトや状況を助けるためにもほかの個人の意識（自覚）が必要となる。意識は必要に迫られて、脳が生み出したのかもしれない。

また意識は周りで起きていることをストーリーにして一応の一貫性を持たせます。夢の中の荒唐無稽なストーリーは、皆さんにも経験があると思います。ストーリーにするとなぜか人は納得しますが、負の側面も見逃せません⁵⁰⁾。

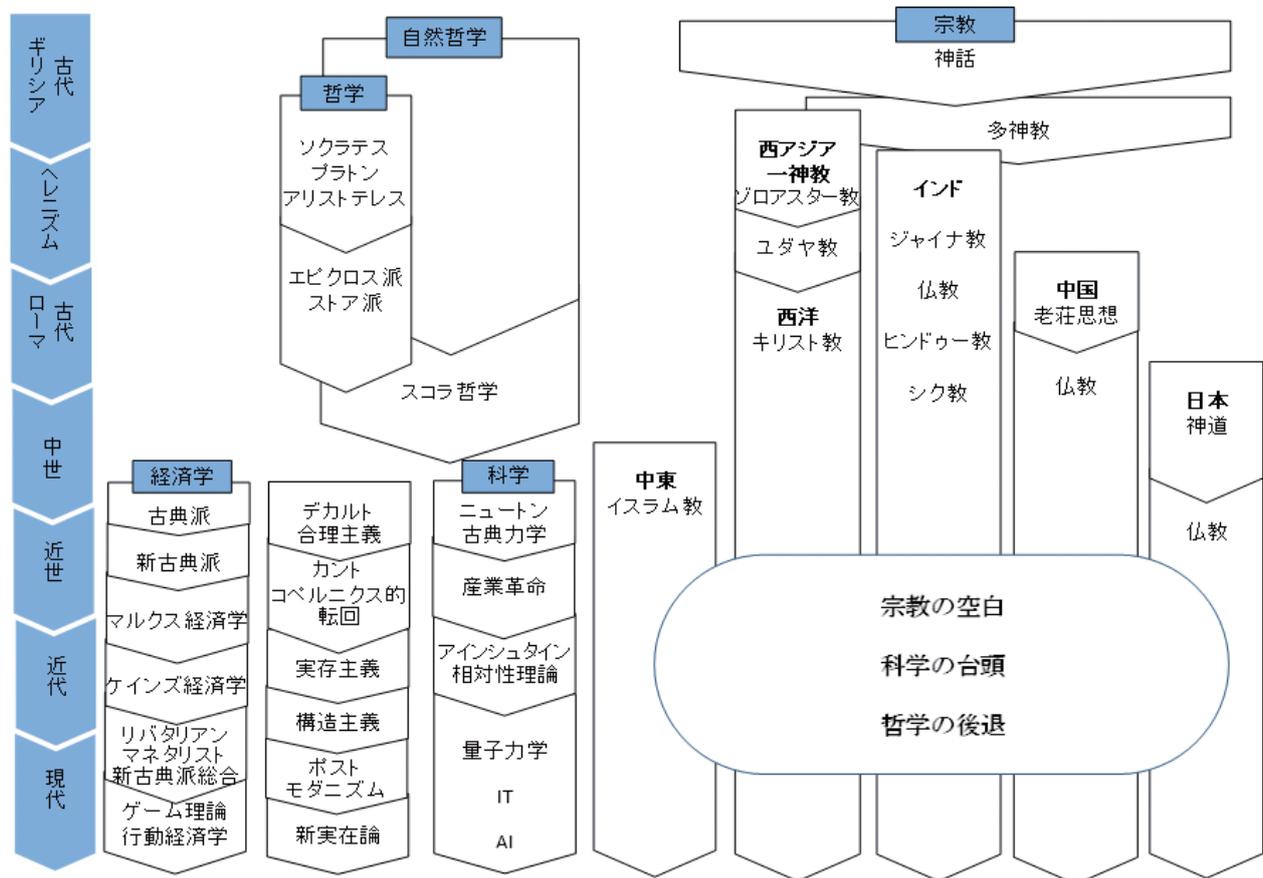
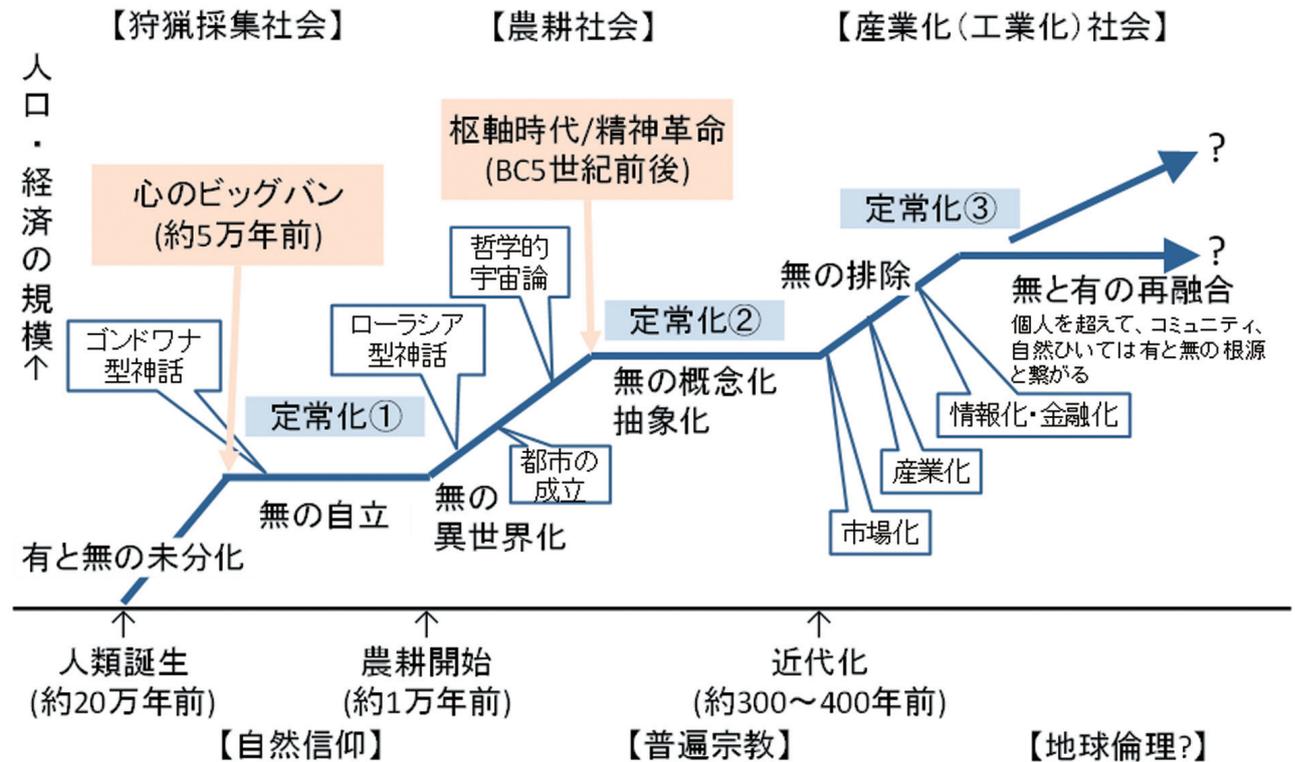


図9 ヒトの知の進化 (文献44を基に作成)



無と意識の人類史 (文献45を基に作成)

表4 ヴィツェルによる2つの神話グループ (文献46を基に作成)

	ゴンドワナ型神話群 ～人間・自然一体型神話	ローラシア型神話群 ～物語型神話群
主たる地域	アフリカ中南部、インドの非アーリア地域、メラネシア、オーストラリア・アボリジニ	ヨーロッパ、北アフリカから中近東(エジプトやメソポタミア文明圏)、ペルシャや古代インド文明圏、中国文明圏、ポリネシア
伝播の様式	アフリカからの人類の初期移動	アーリア人・スキタイ系遊牧民族の移動
ストーリー性	弱い 非時間的	強い 時間的秩序
自然や宇宙	当初から存在	無ないし混沌からの創造
内容の例	・トリックスターや文化英雄としての下位の神々 ・木、粘土、岩などから創り出される(あるいは地下から出現する)人類	・原父母と神々の系譜 ・世界の秩序化(天地分離や光の創造) ・現世の終わりと再生
社会構造	狩猟採集社会後期	農耕社会～都市、遊牧社会

5 おわりに

諸説ありますが、地球上の水量や大気圧に基づくと、あと 23 億年後に生命が無くなると予測されています。53 億年後に太陽が膨張すると地球は飲み込まれます。そこで、太陽系外に移住しようとする動きがあります。まず地球上で閉じた生命圏を作ろうとする動きがあります⁵¹⁾。この試みでは、ヒトに加えて持続的に共生できる動植物と一緒に持ち込まれます。

ヒトは一人ではなく誰かとつながらないと生きていけません。「ヒトはポリスの動物である（アリストテレス）」と言われます。つながるために必要な共感、キリストの愛、仏陀の慈悲、孔子の仁、墨子の兼愛などがありますが、広まったのは紀元前 300 年位前からで、人類の誕生から考えるとほんの最近です。

ほかのヒトやモノへの共感を持ち、互いを尊重した上で主張し合って、解決への出口を見つけるものと思います。一方、すべてに共感できるわけではないので、多様性とプライバシーを大切にしながらお互いが見える関係を築かねばなりません。またサイバー空間とリアル空間との折り合いを早急につけねばなりません。

ここまでの内容の基になった資料は文献 52 に掲載されています。皆様のご叱正・ご意見など頂ければ幸いです。

参考文献

- 1) 内海康雄、建築設備と人材育成について その1 建築設備と ICT のこれまでとこれから、舞鶴工業高等専門学校紀要、2023.3
- 2) ジョセフ・ヒース著、栗原百代訳、啓蒙思想 2.0〔新版〕政治・経済・生活を正気に戻すために、ハヤカワ ノンフィクション文庫早川書房、2022.3
- 3) 高橋昌一郎、感性の限界 不合理性・不自由性・不条理性、講談社現代新書 2153、講談社、2012.4
- 4) 高橋昌一郎、知性の限界 不可測性・不確実性・不可知性、講談社現代新書 2048、講談社、2010.4
- 5) 高橋昌一郎、理性の限界 不可能性・不確実性・不完全性、講談社現代新書 1948、講談社、2008.6
- 6) 例えば、佐々木実：資本主義と闘った男 宇沢弘文と経済学の世界、講談社、2019
- 7) 横山紘一、唯識の思想、講談社学術文庫 2358、講談社、2016.3
- 8) 荻谷剛彦、オックスフォードからの警鐘 グローバル化時代の大学論、中公新書ラクレ 587、中央公論新社、2017.7
- 9) 木嶋恭一、中條尚子、マイケル・C・ジャクソンほか、ホリスティック・クリエイティブ・マネジメント：21 世紀 COE プログラム：エージェントベース社会システム科学の創出、丸善、2007.3
- 10) M.シーザン・リンディ著、川村豊、小川浩一訳、軍事の科学、ニュートン新書、ニュートンプレス、2022.9
- 11) ISCED(International Standard Classification of Education)2011、UNESCO、<http://uis.unesco.org/sites/default/files/documents/isced-2011-en.pdf> (2022.11.30 時点)
- 12) 井上雅裕編著、大学のデジタル変革 DX による教育の未来、東京電機大学出版局、2022.9
- 13) JSCOOP (ジェイスcoop) 長岡工業高等専門学校、<https://www.nagaoka-ct.ac.jp/college-info/facility-info/sdic/jscoop/>、(2022.11.27 時点)
- 14) 野中郁次郎著、竹内弘高著、梅本勝博訳：知識創造企業、東洋経済新報社 1996
- 15) 長岡技術科学大学主催、国際技学カンファレンス、<https://www.nagaokaut.ac.jp/project/sgweb/IGCN.html>、(2022.11.28 日時点)
- 16) 入山章栄、世界標準の経営理論、ダイヤモンド社、2019
- 17) 東日本大震災合同調査報告 東日本大震災合同調査報告 建築編 8 建築設備・建築環境、日本建築学会、2015.5
- 18) (一社) ミニマルファブ推進機構、<https://www.minimalfab.com/> (2022.7.8 時点)
- 19) 産学官の人材育成拠点、東北に半導体・関西にバッテリー…九州に続き全国展開へ、<https://www.yomiuri.co.jp/economy/20220605-OYT1T50197/>、読売新聞、2022
- 20) 日経クロステック、<https://active.nikkeibp.co.jp/atcl/act/19/00008/051703652/> (2022.7.8 時点)
- 21) NPO AMATERAS、NPO <https://amateras.tech/> (2022.7.8 時点)
- 22) E.W.サイード著、今沢紀子訳、オリエンタリズム上・下、平凡社ライブラリー 11、12、平凡社、1993.6
- 23) 例えば、<https://kotobank.jp/word/-AGIL%E5%9B%B3%E5%BC%8F-36384> (2022.12.4 時点)
- 24) ニクラス・ルーマン著、佐藤勉訳、社会システム理論 上・下、恒星社厚生閣、1995.10
- 25) 井庭崇、宮台真司、熊坂賢次、公文俊平、社会システム理論 不透明な社会を捉える知の技法、慶應義塾大学出版会、2011.11
- 26) Gregg Henriques、The Tree of Knowledge System and the Theoretical Unification of Psychology、Review of General Psychology、Vol. 7, No. 2, 2003
- 27) ハンス・ロスリング著、オーラ・ロスリング著、アンナ・ロスリング・ロンランド著、上杉周作訳：FACTFULNESS 10 の思い込みを乗り越え、データを基に世界を正しく見る習慣、日経 BP 社、2019
- 28) ヨルゲン・ランダース著、野中香方子訳：2052 今後 40 年のグローバル予測、日経 BP 社、2013
- 29) National Intelligence Council, USA : Global Trends 2030 Alternative Worlds、https://www.dni.gov/files/documents/GlobalTrends_2030.pdf (2022.7.8 時点)
- 30) 英国エコノミスト社：2050 年の世界 英『エコノミスト』誌は予測する、2015

- 31) 英国エコノミスト社：2050年の技術 英『エコノミスト』誌は予測する、2017
- 32) 日経BP「メガトレンド 2019-2028 全産業編」、<https://project.Nikkeibp.co.jp/mirai/mega2019/index.html> (2022.7.8 時点)
- 33) NATO Science & Technology Organization: Science & Technology Trends 2020-2040, Exploring the S&T Edge, 2020, https://www.sto.nato.int/publications/Management%20Reports/2020_TTR_Public_release_final.pdf (2022.7.3 時点)
- 34) フランシス・フクヤマ著、渡部昇一訳、歴史の終わり 上・下、三笠書房、2005.6
- 35) サミュエル・ハンチントン著、鈴木主税訳、文明の衝突、集英社、1998.6
- 36) 神島裕子、正義とは何か 現代政治哲学の6つの視点、中公新書 2505、中央公論新社、2018.9
- 37) リチャード・ドーキンス著、日高敏隆、岸由二、羽田節子、垂水雄訳、利己的な遺伝子、紀伊國屋書店、2018.2
- 38) 例えば、児玉聡、実践・倫理学 現代の問題を考えるために、けいそうブックス、勁草書房、2020.2
- 39) 福岡伸一、動的平衡 2 生命は自由になれるのか、小学館新書 333、小学館、2018.10
- 40) Kelly Goetsch, Microservices Architecture for Modern Commerce, Dynamically Increase Development Velocity by Applying Microservices to Commerce,— <https://commercetools.com/resources/booklet/microservices>, 2016.10 (2022.11.30 時点)
- 41) Yasuo Utsumi, THE GENERAL IDEA OF GIGAKU, The International GIGAKU Conference in Nagaoka (IGCN) 、2015.6
- 42) 日本投扇興連盟、<https://www.facebook.com/tosenkyo> (2022.12.1 時点)
- 43) 宇佐美誠編：AI で変わる法と社会、岩波書店、2020
- 44) 堀内勉：読書大全 世界のビジネスリーダーが読んでいる経済・哲学・歴史・科学、日経BP、2021
- 45) 広井良典：無と意識の人類史 私たちはどこへ向かうのか、東洋経済新報社、2021
- 46) 世界神話学入門、後藤明、講談社現代新書 2457、講談社、2017
- 47) 竹田青嗣、欲望論 第1巻「意味」の原理論、講談社、2017.10
- 48) 竹田青嗣、欲望論 第2巻「価値」の原理論、講談社、2017.10
- 49) 竹田青嗣、新・哲学入門、講談社現代新書 2676、講談社、2022.9
- 50) ジョナサン・ゴットシャル著、月谷真紀訳、ストーリーが世界を滅ぼす 物語があなたの脳を操作する、東洋経済新聞社、2022.8
- 51) 例えば、<https://kotobank.jp/word/%E3%83%90%E-3%82%A4%E3%82%AA%E3%82%B9%E3%83%95%E3%82%A3%E3%82%A22-1749629> (2022.12.4 時点)
- 52) 内海康雄、これからの高専、<https://drive.google.com/drive/folders/1Glfo5jx1GUZQDA2YcbXzYQGtvO4VNYP6> (2022.12.3 時点)

(2022.12.9 受付)